

# HIỆU ỨNG CHIẾU XẠ TIA GAMMA $Co^{60}$ ĐỐI VỚI MỘT SỐ MẪU GIỐNG LÚA ĐỊA PHƯƠNG VÀ NHẬP NỘI

Nguyễn Thị Miên<sup>1</sup>, Nguyễn Trọng Khanh<sup>2</sup>, Trần Văn Quang<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>*Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm, Gia Lộc, Hải Dương*

<sup>2</sup>*Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm*

<sup>3</sup>*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

\*Tác giả liên hệ: tvquang@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 05.08.2021

Ngày chấp nhận đăng: 29.10.2021

## TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu ứng chiếu xạ tia gamma nguồn  $Co^{60}$  đối với một số mẫu giống lúa địa phương và nhập nội. Thí nghiệm được bố trí 3 liều lượng (200Gy, 300Gy và 400Gy) để xử lý cho 3 mẫu giống lúa (độ ẩm hạt 12%). Kết quả đánh giá cho thấy ở thế hệ  $M_1$ , tỉ lệ nảy mầm và tỉ lệ sống sót của các mẫu giống lúa đều giảm khi tăng liều lượng chiếu xạ. Thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá đòng đứng, đẻ nhánh khá, xuất hiện với tần suất đột biến cao ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy trên mẫu giống lúa nhập nội NN1, NN3 ở thế hệ  $M_2$ . Đột biến xuất hiện với tần suất rất thấp khi chiếu xạ giống lúa địa phương Khẩu Mang. Chọn lọc tại thế hệ  $M_3$  ở liều lượng 200Gy và 300Gy trên mẫu giống lúa nhập nội NN1 và NN3 thu được một số dòng triển vọng có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá đòng đứng và đẻ nhánh khá. Như vậy, khi chiếu tia gamma  $Co^{60}$  với liều lượng chiếu xạ 200-300Gy trên hạt lúa khô có thể cải tạo một số đặc điểm nông học như thời gian sinh trưởng, chiều cao cây, kiểu lá đòng, khả năng đẻ nhánh của hai giống lúa nhập nội NN1, NN3.

Từ khóa: Mẫu giống lúa nhập nội, mẫu giống lúa địa phương, đột biến, hiệu ứng chiếu xạ, tia gamma  $Co^{60}$ .

## Effects of Gamma $Co^{60}$ Irradiation for Some Local and Imported Rice Varieties

### ABSTRACT

This study was carried out to effects of gamma ray irradiation of irradiation  $Co^{60}$  source for some local and imported rice accessions. This experiment was designed with 3 dose (200Gy, 300Gy and 400Gy) on the mutagenesis of three rice (12% seed humidity). At generation  $M_1$ , the results showed that the seed germination and survival percentage of all rice accessions decreased with the increase of the irradiation doses. Mutated plants with shorter growth duration, lower plant height, more upright flat leaves appeared, greater tillering capacity with high mutation frequency at irradiation dose of 200Gy, 300Gy for imported rice varieties NN1, NN3 in the  $M_2$  generation. The mutation appeared with very low frequency when irradiating the local rice variety Khau Mang. Selection on  $M_3$  generation of 200Gy and 300Gy irradiation treated varieties NN1 and NN3 picked up some promising rice lines with short growth duration, short plant height, more upright flat leaves appeared and high tillering capacity. To sum up, gamma  $Co^{60}$  irradiation at 200Gy and 300Gy dose on dried seeds could renovated some agronomic traits such as growth duration, plant height, flag leaf morphology and tillering capacity on two imported rice varieties NN1 and NN3.

Keywords: Imported rice varieties, local rice varieties, mutation, irradiation effects, gamma rays  $Co^{60}$ .

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thống kê của FAO/IAEA, đến năm 2015, trên thế giới giống cây trồng được chọn tạo thông qua đột biến là 3.281 giống trong đó có 1.600 giống được chọn tạo nhờ chiếu xạ tia gamma

(Nakagawa & Kato, 2017). Giống lúa mới tạo ra bằng phương pháp đột biến được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới như: Việt Nam, Thái Lan, Trung Quốc và Hoa Kỳ (Yusuff & cs., 2016). Hiện nay, áp lực chọn lọc cao ứng dụng trong chọn tạo giống lúa đã làm giảm sự đa dạng di

truyền. Tuy nhiên, để đạt được mức độ thành công cao trong chọn tạo giống lúa mới đòi hỏi các nhà tạo giống tăng mức độ đa dạng di truyền của nguồn vật liệu. Như vậy, việc gia tăng biến dị thông qua đột biến là công cụ quan trọng trong cải tiến giống lúa (Viana & cs., 2019).

Trần Duy Quý & cs. (2009) cho rằng hiệu quả gây đột biến không chỉ phụ thuộc vào thời điểm và liều lượng xử lý mà còn phụ thuộc vào bản chất của vật liệu mang xử lý. Hơn nữa, chọn giống đột biến tạo ra sự đa dạng về di truyền của vật liệu khởi đầu nhanh và hiệu quả, chỉ làm thay đổi một hoặc một vài tính trạng mà không làm ảnh hưởng tới những tính trạng khác của cây trồng. Đồng quan điểm, Shua & cs. (2012), đột biến thực nghiệm có thể làm xuất hiện một đặc tính hoàn toàn mới một cách tức thời từ giống đã có mà không làm ảnh hưởng đến các đặc tính khác của giống. Chính vì vậy, đột biến thực nghiệm đang được áp dụng rộng rãi trong chọn tạo giống cây trồng bằng xử lý tác nhân vật lý và hóa học.

Theo Rani & cs. (2016), để bắt đầu một chương trình chọn giống đột biến, việc đầu tiên phải xác định liều lượng chiếu xạ hiệu quả. Boceng & cs. (2016), sử dụng phương pháp đột biến phóng xạ để cải tạo giống lúa địa phương (Ase Banda) theo hướng rút ngắn thời gian sinh trưởng, năng suất cao với hai liều lượng 200Gy và 300Gy. Kết quả của nghiên cứu cho thấy giống mới tạo ra có chiều cao cây thấp hơn, thời gian sinh trưởng ngắn hơn giống đối chứng.

Năm 2017, chúng tôi đã tiến hành xử lý đột biến phóng xạ tia gamma  $Co^{60}$  lên hạt khô của ba mẫu giống lúa, trong đó có 01 mẫu giống địa phương (Khẩu Mang) và 02 mẫu giống nhập nội (NN1, NN3) với mục đích đánh giá được tác động gây đột biến của tia gamma  $Co^{60}$ , xác định liều lượng chiếu xạ phù hợp để tạo ra những biến đổi di truyền và chọn lọc được các dòng lúa có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, năng suất cao, chất lượng tốt.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Sử dụng 3 mẫu giống lúa (độ ẩm 12%) để xử lý đột biến chiếu xạ tia gamma  $Co^{60}$ :

Giống lúa Khẩu Mang (giống lúa địa phương thu thập tại tỉnh Hà Giang) có thời gian sinh trưởng dài (165-170 ngày trong vụ Xuân; 140-145 ngày trong vụ Mùa). Năng suất trung bình 48-52 tạ/ha. Giống cứng cây, chống chịu khá với các loại sâu bệnh hại. Giống có hạt gạo to, dài, cơm mềm, đậm, thơm.

Mẫu giống lúa NN1 (nhập nội từ Trung Quốc) có thời gian sinh trưởng trung ngày (145-150 ngày trong vụ Xuân, 120-125 ngày trong vụ Mùa). Năng suất trung bình từ 51-58 tạ/ha. Mẫu giống có bản lá to, dài, mềm, yếu cây. Hạt gạo dài, trong, cơm mềm, đậm, thơm.

Mẫu giống lúa NN3 (nhập nội từ Mozambique) có thời gian sinh trưởng ngắn (130-135 ngày trong vụ Xuân, 105-110 ngày trong vụ Mùa). Năng suất trung bình 45-50 tạ/ha. Mẫu giống có bản lá to, dài, mềm, yếu cây, cây cao trung bình khoảng 155cm. Hạt gạo to, dài, trong, cơm mềm, đậm, thơm.

Cả 3 mẫu giống lúa Khẩu Mang, NN1, NN3 đều là những giống lúa có năng suất khá, chất lượng gạo cao, khả năng chống chịu sâu bệnh hại khá, tuy nhiên mẫu giống Khẩu Mang, NN1 có thời gian sinh trưởng dài ngày (120-170 ngày trong vụ mùa), mẫu giống NN3 có chiều cao cây cao (155cm). Do đó mục tiêu của chúng tôi là xử lý đột biến nhằm rút ngắn thời gian sinh trưởng và chiều cao cây của các mẫu giống.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng 1.000 hạt/mẫu giống có độ thuần cao, độ ẩm 12% để xử lý đột biến tia gamma  $Co^{60}$  với liều lượng chiếu xạ lần lượt là 200, 300 và 400Gy tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội.

Thế hệ  $M_1$  (ở vụ Xuân 2017) được gieo cấy riêng rẽ theo mẫu giống và liều lượng xử lý đột biến. Gieo hạt sau xử lý 03 ngày. Mật độ cấy 25 khóm/m<sup>2</sup>, cấy 1 dảnh/khóm, bón phân với lượng 12 gam N + 90 gam P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 gam K<sub>2</sub>O/1m<sup>2</sup>. Theo dõi tỉ lệ sống sót qua các giai đoạn: mạ, đẻ nhánh và trổ - chín. Khi thu hoạch, chọn ngẫu nhiên 200 cá thể, mỗi cá thể thu 25-30 hạt/bông chính, hỗn lại để gieo cấy ở thế hệ  $M_2$ .

Thế hệ  $M_2$  (vụ Mùa 2017): gieo cấy toàn bộ lượng hạt hỗn thu ở thế hệ  $M_1$  (gieo ngày

25/6/2017), cấy khi mạ đạt 16 ngày tuổi. Mật độ cấy 25 khóm/m<sup>2</sup>, 1 dảnh/khóm, bón phân với lượng 120kg N + 90kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100kg K<sub>2</sub>O/ha. Khi thu hoạch, chọn cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn (100-110 ngày), thấp cây (90-110cm), bông dài (≥ 25,0cm). Theo dõi tần suất xuất hiện đột biến diệp lục và hình thái nông học có ý nghĩa trong chọn giống.

Thế hệ M<sub>3</sub> (ở vụ Xuân 2018): mỗi cá thể thu được ở thế hệ M<sub>2</sub> gieo cấy thành từng dòng riêng biệt tại thế hệ M<sub>3</sub>. Gieo ngày 05/1/2018, cấy khi mạ đạt 5,5-6,0 lá. Mật độ cấy 25 khóm/m<sup>2</sup>, 1 dảnh/khóm, bón phân với lượng 120kg N + 9kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100kg K<sub>2</sub>O/ha. Khi thu hoạch, chọn cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn (100-110 ngày), thấp cây (90-110cm), bông dài (≥ 25,0cm). Xác định phạm vi biến động của các dạng đột biến.

Các thí nghiệm M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> được bố trí theo phương pháp của Gomez & Gomez (1984). Đánh giá đặc điểm nông sinh học và các yếu tố cấu thành năng suất theo hệ thống tiêu chuẩn đánh giá nguồn gen cây lúa (IRRI, 2013). Chọn lọc cá thể từ quần thể M<sub>2</sub> theo phương pháp chọn lọc phủ hệ (George, 2007).

Xác định các kiểu đột biến: Cây thấp hơn cây của mẫu giống gốc từ 20cm trở lên là đột biến cây thấp. Cây có TGST ngắn hơn mẫu giống gốc từ 7 ngày trở lên là đột biến chín sớm. Cây có số nhánh nhiều hơn số nhánh của mẫu giống gốc từ 5 nhánh trở lên là đột biến đẻ nhiều nhánh. Cây có bông dài hơn của mẫu giống gốc từ 3cm trở lên là đột biến bông dài. Cây có số bông hữu hiệu nhiều hơn mẫu giống gốc từ 3 bông trở lên là đột biến tăng bông hữu hiệu. Cây có số hạt trên bông nhiều hơn số hạt trên bông của mẫu giống gốc từ 20 hạt trở lên là đột biến tăng số hạt trên bông.

Tần suất đột biến được xác định bằng tỉ lệ giữa số cá thể mang đột biến với tổng số cá thể trong lô còn sống đến giai đoạn đó (tính theo %).

$$f\% = \frac{f}{n} \times 100$$

$$\text{Sai số (\%): } m\% = \pm \sqrt{\frac{f\%(100 - f\%)}{n}}$$

Trong đó:

f: Số thể đột biến trong lô;

n: Tổng số cá thể trong lô.

Số liệu thí nghiệm được tính toán bằng chương trình Excel và xử lý thống kê ANOVA bằng phần mềm IRRISTAT 5.0.

### 2.3. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Các thí nghiệm được triển khai tại Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm, xã Liên Hồng, thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương trong vụ Xuân 2017, Mùa 2017 và Xuân 2018.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của liều lượng chiếu xạ tia gamma Co<sup>60</sup> lên các mẫu giống lúa ở thế hệ M<sub>1</sub>

Ở giai đoạn mạ, tỉ lệ nảy mầm của các mẫu giống lúa giảm dần khi tăng liều lượng chiếu xạ. Liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy, tỉ lệ nảy mầm giảm dần lần lượt: đối với giống Khẩu Mang là 90,8%, 90,1%, 87,6% và mẫu giống gốc là 92,3%; đối với mẫu giống NN1 là 90,5%, 90,1%, 86,8% và mẫu giống gốc là 94,4%; đối với mẫu giống NN3 là 89,8%, 89,1%, 85,6% và mẫu giống gốc là 93,6%. Kết quả này phù hợp với các công bố của Wijesena & cs. (2019), Rajarajan & cs. (2016) và Gowthami & cs. (2015) đó là khi tăng liều lượng chiếu xạ làm giảm tỉ lệ nảy mầm của hạt.

Tỉ lệ sống sót của các mẫu giống lúa giảm dần theo các giai đoạn sinh trưởng và khi tăng liều lượng chiếu xạ. Tuy nhiên, mức độ giảm tỉ lệ sống sót không lớn, biến động từ 3-5%. Cùng liều chiếu xạ, tỉ lệ sống sót của các mẫu giống khác nhau, điều này cho thấy ảnh hưởng của liều lượng chiếu xạ lên các mẫu giống khác nhau là khác nhau. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Rani & cs. (2016) tác giả đã sử dụng một giống lúa địa phương (Ashfal) và một giống cải tiến (Binadhan-14) để chiếu xạ. Kết quả cho thấy tỉ lệ nảy mầm, tỉ lệ sống sót của cả hai giống đều giảm dần khi tăng liều lượng chiếu xạ tia gamma.

**Bảng 1. Tỷ lệ nảy mầm, tỉ lệ sống sót và tỉ lệ lép ở thế hệ M<sub>1</sub> khi chiếu xạ tia gamma Co<sup>60</sup> lên các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2017 (%)**

| Tên mẫu giống | Liều lượng (Gray) | Giai đoạn mạ  |                | Giai đoạn đẻ nhánh | Giai đoạn trổ - chín |               |
|---------------|-------------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|---------------|
|               |                   | Tỉ lệ nảy mầm | Tỉ lệ sống sót | Tỉ lệ sống sót     | Tỉ lệ sống sót       | Tỉ lệ hạt lép |
| Khẩu Mang     | 0 (gốc)           | 92,3 ± 0,02   | 90,2 ± 0,05    | 89,5 ± 0,06        | 88,1 ± 0,05          | 12,2 ± 0,11   |
|               | 200Gy             | 90,8 ± 1,32   | 89,7 ± 1,03    | 88,2 ± 1,01        | 87,0 ± 0,71          | 30,4 ± 1,27   |
|               | 300Gy             | 90,1 ± 1,44   | 88,5 ± 1,15    | 87,8 ± 1,32        | 85,3 ± 1,11          | 41,5 ± 1,61   |
|               | 400Gy             | 87,6 ± 1,52   | 83,8 ± 1,06    | 82,1 ± 0,51        | 81,4 ± 0,37          | 60,8 ± 1,73   |
| NN1           | 0 (gốc)           | 94,4 ± 0,03   | 93,5 ± 0,02    | 92,9 ± 0,04        | 91,1 ± 0,03          | 10,5 ± 0,12   |
|               | 200Gy             | 90,5 ± 1,12   | 88,6 ± 0,87    | 87,6 ± 0,91        | 86,9 ± 0,58          | 35,5 ± 1,46   |
|               | 300Gy             | 90,1 ± 1,52   | 87,3 ± 1,01    | 86,5 ± 1,12        | 85,1 ± 0,34          | 46,8 ± 1,82   |
|               | 400Gy             | 86,8 ± 1,31   | 82,6 ± 1,32    | 80,7 ± 1,48        | 79,8 ± 0,13          | 66,7 ± 1,63   |
| NN3           | 0 (gốc)           | 93,6 ± 0,07   | 91,3 ± 0,09    | 90,5 ± 0,01        | 89,5 ± 0,05          | 11,2 ± 0,13   |
|               | 200Gy             | 89,8 ± 1,55   | 85,2 ± 1,16    | 84,1 ± 0,82        | 83,5 ± 0,23          | 38,6 ± 1,41   |
|               | 300Gy             | 89,1 ± 1,34   | 85,0 ± 1,07    | 84,0 ± 0,91        | 83,4 ± 0,24          | 52,7 ± 1,39   |
|               | 400Gy             | 85,6 ± 1,62   | 80,3 ± 0,92    | 79,1 ± 1,01        | 78,6 ± 0,38          | 63,5 ± 1,45   |

Refaee & cs. (2017) tiến hành xử lý đột biến tia gamma trên giống lúa Ai Cập Sakha101 với 4 liều lượng lần lượt là 100, 200, 300 và 400Gy cho thấy ở tất cả các liều lượng xử lý đều làm tăng tỉ lệ hạt lép ở thế hệ M<sub>1</sub>. Kết quả theo dõi M<sub>1</sub> tại bảng 1 cho thấy tỉ lệ lép của các mẫu giống lúa khác nhau, đều cao hơn so với các mẫu giống gốc và tỉ lệ thuận với liều lượng chiếu xạ. tỉ lệ lép của các mẫu giống lúa lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy, 400Gy như sau: Khẩu Mang: 30,4; 41,5; 60,8% (mẫu giống gốc: 12,2%); NN1 35,5; 46,8; 66,7% (mẫu giống gốc 10,5%); NN3 38,6; 52,7; 63,5% (mẫu giống gốc 11,2%). Theo Cheema & Atta (2003), khi chiếu xạ tia gamma làm tăng số lượng hạt bất dục nhiều hơn so với tác động của môi trường. Phần lớn hạt bị bất dục là do khi chiếu xạ tia gamma ảnh hưởng đến sinh lý của hạt nên không di truyền cho thế hệ M<sub>2</sub>.

**3.2. Kết quả đánh giá hiệu ứng chiếu tia gamma Co<sup>60</sup> lên các mẫu giống lúa ở thế hệ M<sub>2</sub>**

Theo Rajarajan & cs. (2014) việc tăng liều lượng chất gây đột biến không làm tăng tần suất của đột biến diệp lục. Qua bảng 2 cho thấy mẫu giống Khẩu Mang, NN1 có tần suất không

tăng dần theo các liều lượng chiếu xạ, mẫu giống NN3 có tần suất biến động tăng dần theo các liều lượng chiếu xạ. Tần suất đột biến diệp lục của các mẫu giống lúa khác nhau là khác nhau. Ở mẫu giống Khẩu Mang có tần suất đột biến diệp lục thấp nhất, lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy là 0,04; 0,04 và 0,08; mẫu giống NN1 là 0,81; 0,65 và 1,16; mẫu giống NN3 là 0,55; 1,05 và 1,46.

Kết quả trình bày ở bảng 2 cho thấy tần suất đột biến hình thái cao hơn tần suất đột biến diệp lục ở tất cả các mẫu giống. Mẫu giống Khẩu Mang có tần suất đột biến hình thái, số loại đột biến hình thái thu được đều thấp hơn hai mẫu giống NN1, NN3. Tần suất đột biến hình thái của các mẫu giống lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy, 400Gy là: Khẩu Mang là 0,12; 0,14 và 0,18; mẫu giống NN1 là 4,37; 4,99 và 5,58; mẫu giống NN3 3,82; 4,83 và 5,49.

Các loại hình thái như dạng cao cây, thấp cây, thời gian sinh trưởng ngắn ngày, lá đồng đứng, khả năng đẻ nhánh khá... đã được thu hoạch, phân lập, chọn lọc những cá thể phù hợp với mục tiêu nghiên cứu, những cá thể mang những đặc tính quý làm nguồn vật liệu khởi đầu phục vụ cho công tác chọn tạo giống mới.

**Bảng 2. Tần suất đột biến ở thể hệ M<sub>2</sub> của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017**

| Tên mẫu giống | Liều lượng (Gray) | Tổng số cá thể nghiên cứu ở M <sub>2</sub> | Tần suất đột biến chung (%) | Trong đó phân ra               |                    |         |
|---------------|-------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|---------|
|               |                   |  |                             | Tần suất đột biến điệp lục (%) | Đột biến hình thái |         |
|               |                   |  |                             |                                | Tần suất (%)       | Số loại |
| Khẩu Mang     | 0 (gốc)           | 992  | 0,00 ± 0,00                 | 0,00 ± 0,00                    | 0,00 ± 0,00        | 0       |
|               | 200Gy             | 4892                                       | 0,16 ± 0,02                 | 0,04 ± 0,01                    | 0,12 ± 0,03        | 5       |
|               | 300Gy             | 4886                                       | 0,18 ± 0,03                 | 0,04 ± 0,03                    | 0,14 ± 0,02        | 5       |
|               | 400Gy             | 4876                                       | 0,26 ± 0,02                 | 0,08 ± 0,02                    | 0,18 ± 0,04        | 6       |
| NN1           | 0 (gốc)           | 985  | 0,00 ± 0,00                 | 0,00 ± 0,00                    | 0,00 ± 0,00        | 0       |
|               | 200Gy             | 4937                                       | 5,18 ± 0,26                 | 0,81 ± 0,41                    | 4,37 ± 0,42        | 22      |
|               | 300Gy             | 4893                                       | 7,23 ± 0,51                 | 1,65 ± 0,55                    | 5,58 ± 0,51        | 18      |
|               | 400Gy             | 4851                                       | 6,15 ± 0,42                 | 1,16 ± 0,62                    | 4,99 ± 0,30        | 14      |
| NN3           | 0 (gốc)           | 988  | 0,00 ± 0,00                 | 0,00 ± 0,00                    | 0,00 ± 0,00        | 0       |
|               | 200Gy             | 4895                                       | 4,37 ± 0,34                 | 0,55 ± 0,38                    | 3,82 ± 0,29        | 15      |
|               | 300Gy             | 4927                                       | 5,88 ± 0,47                 | 1,05 ± 0,43                    | 4,83 ± 0,46        | 18      |
|               | 400Gy             | 4863                                       | 6,95 ± 0,58                 | 1,46 ± 0,49                    | 5,49 ± 0,56        | 14      |

Kết quả trình bày tại bảng 3 cho thấy tần suất xuất hiện đột biến thời gian sinh trưởng ngắn của 3 mẫu giống là khác nhau và đều có tần suất cao ở liều lượng 200Gy và 300Gy. Khi liều lượng chiếu xạ tăng thì tần suất xuất hiện đột biến ngắn ngày giảm. Mẫu giống lúa Khẩu Mang xuất hiện với tần suất đột biến thấp nhất (0,02). Mẫu giống lúa NN1 xuất hiện nhiều cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn hơn so với mẫu giống gốc, tần suất xuất hiện ở liều lượng 200Gy (0,71), 300Gy (0,53). Mẫu giống lúa NN3 có tần suất cao nhất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy là 1,23; 1,36 và 0,88.

Đột biến thấp cây có ý nghĩa trong chọn giống, thấp cây sẽ có khả năng chống đổ tốt hơn. Các giống lúa lùn có khả năng tiếp nhận phân bón cao hơn, đẻ nhánh khỏe hơn, chống chịu bệnh tốt hơn và chỉ số thu hoạch cao hơn so với giống lúa cao cây (Liu & cs., 2018). Đột biến thấp cây không xuất hiện tại mẫu giống Khẩu Mang nhưng ở hai mẫu giống NN1, NN3 xuất hiện với tần suất đột biến cao. Mẫu giống NN1 có tần suất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy là 0,42; 0,31 và 0,25. Mẫu giống NN3 là 0,72; 0,61 và 0,33. Mẫu giống NN3 tần suất đột biến thấp cây ở liều lượng 200Gy cao nhất đạt 0,7.

Tần suất đột biến lá đòng đứng hầu như không xuất hiện ở mẫu giống Khẩu Mang, chỉ xuất hiện tại liều lượng 200Gy với tần suất thấp 0,04. Mẫu giống NN1, NN3 xuất hiện nhiều cá thể có lá đòng đứng, bản lá nhỏ, tần suất đột biến cao lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy ở NN1 là 0,6; 0,51 và 0,21; ở NN3 là 0,52; 0,41 và 0,31. Theo Kamaza (2015), kích thước và hình dạng lá đòng được kiểm soát bởi 5 gen *OsH1*, *OsH6*, *OsH15*, *OsH1*, *OsH43* và *OsH71*. Sự biểu hiện quá mức của một trong số các gen trên sẽ làm biến đổi kích thước và hình dạng lá. Do đó khi chiếu xạ tia gamma vào các mẫu giống đã có sự ảnh hưởng đến hoạt động của 1 hoặc vài gen nói trên đã làm thay đổi hình dạng lá đòng.

Tần suất tăng khả năng đẻ nhánh cao nhất ở mẫu giống NN3 lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy là 0,73; 0,64 và 0,18. Mẫu giống NN1 không xuất hiện ở liều lượng 400Gy, tần suất ở liều lượng 200Gy và 300Gy là 0,2 và 0,18. Mẫu giống Khẩu Mang chỉ xuất hiện ở liều lượng 400Gy với tần suất thấp 0,02. Chiếu xạ tia gamma vào các mẫu giống lúa đã tác động và gây ra những biến đổi ở gen MOC1 theo hướng tăng cường chức năng, làm tăng khả năng đẻ nhánh ở các đột biến (Guo & cs., 2013).

**Bảng 3. Tần suất đột biến thời gian sinh trưởng ngắn ngày, thấp cây, lá đòng đứng, tăng khả năng đẻ nhánh ở thế hệ M<sub>2</sub> của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017**

| Tên mẫu giống | Liều lượng | Thời gian sinh trưởng ngắn ngày |                 |                  | Thấp cây        |                  | Lá đòng đứng    |                  | Tăng khả năng đẻ nhánh |                  |
|---------------|------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------------|------------------|
|               |            | Tổng số cá thể                  | Số thể đột biến | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến        | Tần suất f% ± m% |
| Khẩu Mang     | 200Gy      | 4892                            | 1               | 0,02 ± 0,02      | 0               | 0,00 ± 0,00      | 2               | 0,04 ± 0,02      | 0                      | 0,00 ± 0,00      |
|               | 300Gy      | 4886                            | 1               | 0,02 ± 0,01      | 0               | 0,00 ± 0,00      | 0               | 0,00 ± 0,00      | 0                      | 0,00 ± 0,00      |
|               | 400Gy      | 4876                            | 0               | 0,00 ± 0,00      | 0               | 0,00 ± 0,00      | 0               | 0,00 ± 0,00      | 1                      | 0,02 ± 0,02      |
| NN1           | 200Gy      | 4937                            | 35              | 0,71 ± 0,13      | 21              | 0,42 ± 0,07      | 30              | 0,60 ± 0,11      | 10                     | 0,20 ± 0,07      |
|               | 300Gy      | 4893                            | 26              | 0,53 ± 0,09      | 15              | 0,31 ± 0,06      | 25              | 0,51 ± 0,08      | 9                      | 0,18 ± 0,09      |
|               | 400Gy      | 4851                            | 11              | 0,22 ± 0,05      | 12              | 0,25 ± 0,09      | 10              | 0,21 ± 0,06      | 0                      | 0,00 ± 0,00      |
| NN3           | 200Gy      | 4895                            | 60              | 1,23 ± 0,03      | 35              | 0,72 ± 0,15      | 25              | 0,52 ± 0,07      | 36                     | 0,73 ± 0,14      |
|               | 300Gy      | 4927                            | 67              | 1,36 ± 0,07      | 30              | 0,61 ± 0,11      | 20              | 0,41 ± 0,02      | 32                     | 0,64 ± 0,12      |
|               | 400Gy      | 4863                            | 43              | 0,88 ± 0,05      | 16              | 0,33 ± 0,05      | 15              | 0,31 ± 0,05      | 9                      | 0,18 ± 0,09      |

**Bảng 4. Tần suất đột biến tăng số hạt/bông, tăng số bông/khóm ở thế hệ M<sub>2</sub> của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017**

| Tên mẫu giống | Liều lượng | Tăng số hạt/bông |                 |                  | Tăng số bông/khóm |                  | Tăng chiều dài bông |                  | Tăng chiều dài hạt |                  |
|---------------|------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|
|               |            | Tổng số cá thể   | Số thể đột biến | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến   | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến     | Tần suất f% ± m% | Số thể đột biến    | Tần suất f% ± m% |
| Khẩu Mang     | 200Gy      | 4892             | 1               | 0,02 ± 0,01      | 0                 | 0,00 ± 0,00      | 1                   | 0,02 ± 0,01      | 0                  | 0,00 ± 0,00      |
|               | 300Gy      | 4886             | 2               | 0,04 ± 0,02      | 0                 | 0,00 ± 0,00      | 2                   | 0,04 ± 0,03      | 1                  | 0,02 ± 0,02      |
|               | 400Gy      | 4876             | 0               | 0,00 ± 0,00      | 1                 | 0,02 ± 0,02      | 0                   | 0,00 ± 0,00      | 2                  | 0,04 ± 0,03      |
| NN1           | 200Gy      | 4937             | 5               | 0,10 ± 0,06      | 4                 | 0,08 ± 0,06      | 4                   | 0,12 ± 0,11      | 3                  | 0,06 ± 0,04      |
|               | 300Gy      | 4893             | 6               | 0,12 ± 0,09      | 4                 | 0,08 ± 0,09      | 4                   | 0,08 ± 0,06      | 5                  | 0,10 ± 0,06      |
|               | 400Gy      | 4851             | 2               | 0,04 ± 0,07      | 0                 | 0,00 ± 0,00      | 1                   | 0,02 ± 0,02      | 2                  | 0,04 ± 0,03      |
| NN3           | 200Gy      | 4895             | 7               | 0,14 ± 0,10      | 35                | 0,72 ± 0,10      | 5                   | 0,10 ± 0,09      | 4                  | 0,08 ± 0,05      |
|               | 300Gy      | 4927             | 6               | 0,12 ± 0,09      | 30                | 0,61 ± 0,09      | 4                   | 0,08 ± 0,07      | 5                  | 0,10 ± 0,07      |
|               | 400Gy      | 4863             | 3               | 0,06 ± 0,03      | 8                 | 0,16 ± 0,03      | 1                   | 0,02 ± 0,02      | 3                  | 0,06 ± 0,04      |

Số liệu tại bảng 4 cho thấy tần suất đột biến tăng số hạt/bông ở mức thấp, ở mẫu giống Khẩu Mang xuất hiện với tần suất thấp nhất từ 0,02-0,04. Hai mẫu giống NN1 và NN3 có tần suất xuất hiện đột biến cao hơn lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy, 400Gy là 0,1; 0,12 và 0,04 ở NN1; 0,14; 0,12 và 0,06 ở NN3.

Tần suất xuất hiện đột biến về tính trạng số bông/khóm biến động khá lớn ở các mẫu giống khác nhau. Đối với mẫu giống lúa NN3, tần suất đột biến số bông/khóm cao nhất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy là 0,72; 0,61 và 0,16. Mẫu giống Khẩu Mang chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 400Gy với tần suất thấp 0,02. Mẫu giống NN1 chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 200Gy và 300Gy với tần suất 0,08.

Chiều dài bông phụ thuộc vào bản chất giống lúa, ảnh hưởng đến số hạt/bông (Kumar & cs., 2015). Kết quả ở bảng 4 cho thấy tần suất xuất hiện tăng chiều dài bông ở các mẫu giống lúa đều thấp, thấp nhất tại mẫu giống lúa Khẩu Mang, chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 200Gy và 300Gy lần lượt là 0,02 và 0,04. Hai mẫu giống NN1 và NN3 cũng có tần suất đột biến tăng chiều dài bông thấp lần lượt là 0,02-0,12 và 0,02-0,1.

Kết quả ở bảng 4 cho thấy tần suất xuất hiện tăng chiều dài hạt ở các mẫu giống lúa đều thấp, thấp nhất tại mẫu giống lúa Khẩu Mang tăng chiều dài hạt chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 300Gy và 400Gy lần lượt là 0,02 và 0,04. Hai mẫu giống NN1, NN3 cũng có tần suất đột biến tăng chiều dài hạt thấp lần lượt là 0,04-0,1 và 0,06-0,1.

Từ kết quả đánh giá hiệu ứng chiếu xạ tia gamma  $\text{Co}^{60}$  lên các mẫu giống lúa ở thế hệ  $M_2$  cho thấy: Khi xử lý chiếu xạ tia gamma  $\text{Co}^{60}$  liều lượng 200Gy, 300Gy và 400Gy lên các mẫu giống lúa ở trạng thái mẫu khô đều mang lại hiệu ứng đột biến cao. Tính trạng về thời gian sinh trưởng ngắn ngày, chiều cao cây xuất hiện với tần suất đột biến cao. Đột biến hình thái ở quần thể hai mẫu giống nhập nội NN1, NN3 có tần suất xuất hiện cao. Ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy xuất hiện nhiều biến dị hình

thái có lợi phù hợp với mục tiêu nghiên cứu. Kết quả đánh giá quần thể đột biến ở thế hệ  $M_2$  với sự xuất hiện biến dị lớn tạo thuận lợi cho việc chọn lọc ở quần thể  $M_3$  của các mẫu giống NN1 và NN3.

### **3.3. Kết quả đánh giá các biến dị đã được chọn lọc khi chiếu xạ tia gamma $\text{Co}^{60}$ lên các mẫu giống lúa ở thế hệ $M_3$**

Khi xử lý đột biến mẫu giống NN1, NN3 với liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy ở thế hệ  $M_3$  đều thu được các cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn; đối với mẫu giống NN1 từ 120-140 ngày (mẫu giống gốc là 147 ngày); đối với mẫu giống NN3 từ 125-142 ngày (mẫu giống gốc là 125 ngày).

Chiều cao cây của các dòng ở các liều lượng xử lý đều thấp hơn so với mẫu giống gốc. Chiều cao cây của các dòng ở các liều lượng biến động từ 94,0-107,5cm, so với mẫu giống gốc NN1 (116,5cm); biến động từ 95,5-137,5cm, so với mẫu giống gốc NN3 (158,5cm). Ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, chiều cao cây của dòng NN1-5 thấp nhất biến động từ 92-96cm và dòng NN3-284 đạt từ 93-98cm. Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Rachmawati & cs. (2019) khi sử dụng phương pháp xử lý phóng xạ để cải tiến chiều cao cây giống lúa Mentik Susu. Liều lượng chiếu xạ tối ưu để thu được các biến dị ở thế hệ  $M_3$  là 200Gy. Kết quả, dòng được cải tiến có chiều cao cây 92,1cm, thời gian sinh trưởng 88 ngày. Sobrizal (2020) sử dụng đột biến phóng xạ với liều lượng 200Gy đã thu được dòng có thời gian sinh trưởng ngắn hơn đáng kể so với mẫu giống gốc. Boceng & cs. (2016) khi sử dụng phương pháp đột biến phóng xạ để cải tạo giống lúa địa phương với hai liều lượng 200, 300Gy tạo ra giống mới có thời gian sinh trưởng ngắn ngày và chiều cao cây thấp hơn giống gốc.

Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN3 có số bông/khóm ở tất cả các liều lượng chiếu xạ đều cao hơn mẫu giống gốc, biến động từ 4,9-6,3 bông (giống gốc là 4,5 bông). Đối với các dòng nguồn gốc từ mẫu giống NN1 ở liều lượng 200Gy có số bông/khóm 7,2 bông, cao hơn so với mẫu giống gốc (6,6 bông).

**Bảng 5. Phạm vi biến động các dạng đột biến về thời gian sinh trưởng, chiều cao cây, số bông/khóm, số hạt/bông, chiều dài bông, chiều dài hạt ở thế hệ  $M_3$  của các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2018**

| Tên mẫu giống | Liều lượng (Gy) | Tên dòng | Phạm vi biến động            |                    |                     |                   |                     |                    |
|---------------|-----------------|----------|------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
|               |                 |          | Thời gian sinh trưởng (ngày) | Chiều cao cây (cm) | Số bông/khóm (bông) | Số hạt/bông (hạt) | Chiều dài bông (cm) | Chiều dài hạt (mm) |
| NN1           | 0Gy             | NN1      | 147                          | 116-117            | 6,5-6,7             | 169-170           | 28,8-29,0           | 7,2-7,4            |
|               | 200 Gy          | NN1-5    | 120-125                      | 92-96              | 6,8-7,6             | 145-165           | 27,3-28,7           | 7,2-8,4            |
|               |                 | NN1-6    | 125-130                      | 95-100             | 6,0-7,2             | 162-170           | 28,3-29,3           | 6,7-7,2            |
|               |                 | NN1-36   | 130-135                      | 103-107            | 5,1-5,9             | 155-162           | 21,7-23,5           | 6,8-7,6            |
|               |                 | NN1-68   | 136-140                      | 100-108            | 4,6-5,6             | 148-158           | 21,3-25,5           | 6,6-7,1            |
|               | 300 Gy          | NN1-56   | 135-140                      | 98-103             | 4,0-5,2             | 153-163           | 27,1-29,5           | 7,0-7,4            |
|               |                 | NN1-62   | 124-128                      | 100-105            | 5,8-7,0             | 166-174           | 27,0-29,8           | 6,5-7,1            |
|               |                 | NN1-68   | 135-140                      | 105-110            | 4,7-5,7             | 152-163           | 24,9-25,7           | 6,4-6,8            |
|               | 400 Gy          | NN1-78   | 138-143                      | 108-115            | 4,8-6,0             | 163-172           | 25,3-26,3           | 7,0-7,5            |
|               |                 | NN1-83   | 140-145                      | 107-113            | 4,2-5,2             | 154-165           | 25,0-29,4           | 6,5-6,9            |
| NN3           | 0Gy             | NN3      | 125                          | 158-159            | 4,4-4,6             | 185-187           | 32,3-32,5           | 7,4-7,6            |
|               | 200 Gy          | NN3-223  | 130-135                      | 96-100             | 5,5-6,7             | 187-201           | 30,5-32,7           | 6,8-7,6            |
|               |                 | NN3-284  | 135-140                      | 93-98              | 5,0-6,2             | 198-210           | 29,6-31,6           | 6,7-7,3            |
|               |                 | NN3-287  | 130-135                      | 103-108            | 4,5-5,9             | 201-215           | 29,5-31,8           | 7,1-7,5            |
|               |                 | NN3-294  | 125-130                      | 105-109            | 5,8-6,8             | 156-169           | 27,3-30,1           | 6,6-7,4            |
|               | 300 Gy          | NN3-318  | 132-137                      | 103-107            | 4,0-5,8             | 157-171           | 27,8-29,2           | 6,8-7,6            |
|               |                 | NN3-362  | 137-142                      | 105-111            | 5,0-6,2             | 162-190           | 29,1-32,7           | 6,5-7,9            |
|               |                 | NN3-368  | 136-140                      | 135-140            | 4,9-5,7             | 155-162           | 26,3-27,9           | 7,1-7,9            |
|               | 400 Gy          | NN3-395  | 140-144                      | 110-115            | 4,7-5,5             | 169-192           | 29,8-33,6           | 7,6-8,4            |
|               |                 | NN3-397  | 138-143                      | 140-145            | 4,5-5,7             | 157-165           | 33,2-35,8           | 8,2-8,6            |

Số hạt/bông của các dòng lúa ở các liều lượng chiếu xạ có sự biến động lớn. Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN1 có số hạt/bông trung bình lớn nhất ở liều lượng 300Gy đạt 170,0 hạt/bông (giống gốc 169,5 hạt). Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN3 có số hạt/bông trung bình lớn nhất ở liều lượng 200Gy đạt 208,0 hạt/bông (giống gốc 186,0 hạt).

Chiều dài bông của hầu hết các dòng ở các liều lượng xử lý tương đương hoặc ngắn hơn so với mẫu giống gốc. Riêng các dòng nguồn gốc từ mẫu giống NN3 ở liều lượng 400Gy có chiều dài bông trung bình đạt 34,5cm, dài hơn chiều dài bông của mẫu giống gốc (32,4cm). Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Barrida & cs. (2013) khi xử lý đột biến phóng xạ giống IR72 đã chọn được các dòng lúa có bông dài hơn giống gốc.

Chiều dài hạt thóc của các dòng tương đương hoặc ngắn hơn so với chiều dài hạt thóc của các mẫu giống gốc. Kết quả cho thấy khi chiếu xạ tia gamma nguồn  $Co^{60}$  lên hai mẫu giống NN1 và NN3 ít có hiệu quả trong việc tăng chiều dài hạt thóc.

Kết quả đánh giá các biến dị đã được chọn ở thế hệ  $M_3$  cho thấy ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy hai mẫu giống NN1, NN3 thu được nhiều đột biến có lợi như thời gian sinh trưởng ngắn ngày, thấp cây. Các tính trạng còn lại có biến động không lớn so với mẫu giống gốc.

#### 4. KẾT LUẬN

Hiệu ứng chiếu xạ tia gamma  $Co^{60}$  lên hạt khô của 01 mẫu giống lúa địa phương (Khẩu mang) và 02 mẫu giống lúa nhập nội (NN1,

NN3) biểu hiện rất khác nhau ở các mẫu giống, các liều lượng và thế hệ khác nhau. Ở thế hệ M<sub>1</sub>, tỉ lệ nảy mầm và tỉ lệ sống sót của các mẫu giống lúa đều giảm khi tăng liều lượng chiếu xạ ở cả giai đoạn mạ, giai đoạn đẻ nhánh và giai đoạn trổ đến chín. Mức độ giảm từ 4,7-8,0% so với mẫu giống không xử lý. tỉ lệ lép của các mẫu giống lúa đều tăng khi tăng liều lượng chiếu xạ từ 18,2-56,2% so với mẫu giống không xử lý. Ở thế hệ M<sub>2</sub>, các tính trạng như thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá đồng đứng có tần suất xuất hiện đột biến cao ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy đối với mẫu giống nhập nội NN1. Đột biến thấp cây, đẻ nhánh tốt, số bông/khóm cao, lá đồng đứng xuất hiện với tần suất cao khi chiếu xạ mẫu giống nhập nội NN3 với liều lượng 200Gy và 300Gy. Đột biến hầu như không xuất hiện hoặc với tần suất rất thấp khi chiếu xạ mẫu giống địa phương Khẩu Mang. Ở thế hệ M<sub>3</sub> thu được nhiều cá thể cải tiến có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, đẻ nhánh khá từ việc chiếu xạ hai mẫu giống lúa nhập nội NN1 và NN3.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Boceng Annas, Abdul Haris & Amir Tjoneng (2016). Character of Local Rice Mutant 'Ase Banda' as Result of Gamma Ray Irradiation. Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol. 3(12): 24-27.

Barrida A.C., Rivera F.G. & Dimaano A.O. (2013). Grain Quality Improvement in Rice (*Oryza sativa* L.) through Induced Mutation Breeding, Achievement Sub-Project on Composition or Quality in Rice (2007-2012). Mutation Breeding Project Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA).

Cheema A.A. Atta & Atta B.M. (2003). Radio sensitivity studies in Basmati Rice. Pakistan Journal of Botany. 35(2): 197-207.

EL-Refae Y.Z., Hadifa A.A. & EL-Shafey R.A.S. (2017). Induction of Genetic Variability for some Agronomic Traits and Blast Disease Resistance in Egyptian Rice Variety Sakha101. J. Plant Production, Mansoura Univ. 8(12): 1373-1381.

George A. (2007). Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing Ltd.

Gomez Kwanchai A. & Gomez Arturo A. (1984). Statistical procedures for agricultural research, 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Gowthami R., Vanniarajan C., Souframanien J. & Arumugam Pillai M. (2015). Effect of Gamma Rays and Electron Beam on Various Quantitative Traits of Rice (*Oryza sativa* L.) in M1 Generation. Advances in Life Sciences. 5(5): 1876-1882; 2278-3349.

Guo S., Xu Y., Liu H., Mao Z., Zhang C., Ma Y., Zhang Q., Meng Z. & Chong C. (2013). The interaction between OsMADS57 and OsTB1 modulates rice tillering via DWARF14. Nature Communications. 4: 1566-1577.

IRRI (2013). Standard evaluation system for rice (SES), 5th Edn. Manila Philippines. pp. 1-65.

Kamara N. (2015). Genetic analysis of agronomic traits in *Oryza sativa* × *O. sativa* cross, Thesis PhD in Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi; Department of crop and Soil Sciences Faculty of Agriculture College of Agriculture and natural Resources.

Liu Fang, Wang Pandi., Zhang Xiaobo., Li Xiaofei., Yan Xiaohong., Fu Donghui & Wu Gang (2018). The genetic and molecular basis of crop height based on a rice model. Planta. 247: 1-26. <https://doi.org/10.1007/s00425-017-2798>.

Nakagawa H. & Kato H. (2017). Induced mutations for food and energy security: Challenge of inducing unique mutants for new cultivars and molecular research. Bull. NARO. Crop Sci. 1: 22-124.

Rachmawati D., Hanifah Parjanto W.N. & Yunus A. (2019). Selection of short stem Mentik Susu rice M3 from gamma ray irradiation. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 250: 12-20. doi:10.1088/1755-1315/250/1/012020.

Rajaraman D., Saraswathi R. & Sassikumar D. (2016). Determination of lethal dose and effect of gamma ray on germination percentage and seedling parameters in ADT (R) 47 rice. I.J.A.B.R. 6(2): 328-332.

Rani Md. Hasanuzzaman, Md. Kamruzzaman, Abdelbagi Mukhtar Ali Ghanim, Md. Abul Kalam Azad & Md. Babul Akter (2016), Comparative effect of gamma and X-ray irradiations on some characters of rice seedlings of Ashfal and Binadhan-14, J. Biosci. Agric. Res. 8(2): 739-745.

Rajaraman D., Saraswathi R., Sassikumar D. & Ganesh S. (2014). Effectiveness and efficiency of gamma ray and ems induced chlorophyll mutants in rice ADT (R) 47. GJBAHS. 3(3): 211-218.

Shua Q.Y., Forster B.P & Nakagawa H (2012). Principles and Applications of Plant Mutation Breeding in Plant. Mutation Breeding and Biotechnology. pp. 301-325.

Sobrizal (2020). Breeding of Rice Variety(s) for High Yielding and Early Maturity Through a Wide

- Cross and Mutation. Achievement Sub-Project on Mutation breeding of Rice for Sustainable Agriculture (FY 2013-2017). Mutation Breeding Project Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) June, 2020.
- Trần Duy Quý, Bùi Huy Thủy, Nguyễn Văn Bích & Đào Thị Thanh Bằng (2009). Một số thành tựu ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong chọn tạo giống cây trồng. Hội thảo quốc gia Xây dựng tổ hợp chiếu xạ đột biến phục vụ nghiên cứu, chọn tạo giống cây trồng, Hà Nội.
- Viana V.E., Pegoraro C., Busanello C. & Costa de Oliveira A. (2019). Mutagenesis in Rice: The Basis for Breeding a New Super Plant. *Front. Plant Sci.* 10: 1326. doi: 10.3389/fpls.2019.01326.
- Yusuff Oladosu, Mohd Y. Rafii, Norhani Abdullah, Ghazali Hussin, Asfaliza Ramli, Harun A. Rahim, Gous Miah & Magaji Usman (2016) Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review, *Biotechnology & Biotechnological Equipment.* 30(1): 1-16. DOI: 10.1080/13102818.2015. 1087333.
- Wijesena K.A.K., Nawarathne N.M.A. & Basnayake B.M.M.P. (2019). Effect of gamma irradiation on seed germination and plant growth parameters of three rice varieties cultivated in Sri Lanka. *Journal of Agriculture and Value Addition.* 2(1): 79-84.